

# Harmonized Fitness : 音楽運動のアンサンブルによる健康づくりのスマート化における研究成果

Harmonized Fitness: Research Results on Health Smart Network with Ensemble of Exercise and Music

○ 林 勲<sup>1</sup>, 広兼 道幸<sup>1</sup>, 堀口 由貴男<sup>1</sup>, 徳丸 正孝<sup>1</sup>, Arash Yazdanbakhsh<sup>2</sup>  
○ Isao Hayashi<sup>1</sup>, Michiyuki Hirokane<sup>1</sup>, Yukio Horiguchi<sup>1</sup>, Masataka Tokumaru<sup>1</sup>, Arash Yazdanbakhsh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 関西大学  
<sup>1</sup>Kansai University

<sup>2</sup>Boston University  
<sup>2</sup>Boston University

**Abstract:** Recently, the Cabinet Office is advocating the concept of "Super City" that realize new lifestyles and businesses for fundamentally changing the state of society through AI. The authors have established a research unit of "Health Smart Network" at Research Institute for Socionetwork Strategies (RISS), Kansai University as a research base to meet these social demands. Specifically, the purpose of this research unit is to make health promotion services smarted with "eHealth + AI", create new social communication, and contribute to extending healthy life expectancy and sustaining a healthy life. In this presentation, we outline the concept of Kansai University's "Health Smart Network" and discuss the progress and results of various research on the theme of smart health promotion.

## 1. はじめに

近年、内閣府では、AI などにより、社会の在り方を根本から変える新しい暮らしやビジネスを実現する「スーパーシティ」構想 [1] を標榜している。我々は、関西大学ソシオネットワーク戦略研究機構に研究ユニット「健康スマートネットワーク」[2] を構想した。その研究目的は、健康づくりサービスを eHealth + AI によってスマート化し、新しい社会コミュニケーションの場を創出し、健康寿命の延伸と健康生活の持続に貢献することである。また、2021 年 4 月から 2 年間の研究期間で関西大学研究拠点形成支援経費を受諾した。ここでは、「健康スマートネットワーク」の構想内容を概説し、関西大学研究拠点形成支援経費の 2 年間の研究期間の成果 [3,4] を報告して、今後の研究の進展に向けて、健康づくりのスマート化をテーマとした種々の研究を紹介する。

## 2. 研究概要

内閣府特命担当大臣 (地方創生) は、スマートシティとしての「スーパーシティ」構想の実現に向けて有識者懇談会を設置した。スーパーシティとは、『AI 及びビッグデータを活用し、社会の在り方を根本から変えるような都市設計の動きが国際的に急速に進展していることに鑑み、暮らしやすさにおいても、ビジネスのしやすさにおいても世界最先端を行くまちづくりで、第四次産業革命を先行的に体現する最先端の都市づくり』といえる (図 1 参照)。我々は、スーパーシティ構想の「健康寿命の延伸と健康生活へのシフト、未病と治療の垣根を超えたヘル

スケアプログラムを実装するまちづくり」に焦点をあて、健康づくりサービスの利用者 (以降は利用者) の運動と食事のライフログや医療データを連携し、人工知能 (AI) を導入して、健康～未病～治療のシームレスなヘルスケアプラットフォーム (eHealth+AI) を構築している。特に、我々は、2021 年 4 月から 2 年間の研究期間で関西大学研究拠点形成支援経費を受諾した。また、関西大学ソシオネットワーク戦略研究機構に研究ユニット「健康スマートネットワーク」を設置した。ここでは、この関西大学研究拠点形成支援経費の 2 年間の研究期間の成果を報告する。



Fig.1: 内閣府国家戦略特区スーパーシティ構想

本研究機関では、利用者が高齢等の理由によって、骨や関節、脊髄、筋肉、神経等の運動器機能が低下するロコモティブシンドローム (運動器症候群) に着目し、この

ロコモティブシンドロームを軽減させるため、運動と音楽を共有した「Harmonized Fitness：音楽運動のアンサンブルによる健康づくりのスマート化」を構築する(図2参照)。本研究では、老人ホーム等の複数の場所で利用者間をインターネットで接続し、音楽運動療法プログラムの中で、映像カメラやバイタルセンサーで利用者の運動とリズム感を計測してAIで分析する。理学療法士や介護福祉士は、オンタイムで利用者のロコモ状態を可視化で認知できる。また、AIの分析結果を参考に運動リハビリ等のコーチング(選択的介入)を行える。一方、利用者は、音楽と運動の相乗効果とインターネットを介した他のグループとのハーモニーを「楽しく」体感できる。このように、「Harmonized Fitness」は、介護現場での未来像として、また、スーパーシティ構想の新しい一例として、ロコモティブシンドロームを軽減させる効果と意義のある新たな試みであるといえる。

2021年度と2022年度の研究成果は次のとおりである。ただし、予定していた介護施設「藤ミレニウム」への訪問はコロナ感染症により延期された。

- (1) 動画の行動解析とパーキンソン病診断：2021年度からの2年間を総合して、ビデオ画像からの動作解析のため、誤判別データ周辺にファジィルールを生成し、また、その周辺領域G内にバーチャルデータを発生するアンサンブル学習モデル pdi-Bagging と pdi-Boosting, 及び、pdi-BoostingG を提案し、その精度と有用性を検討して論文を学会誌に掲載した。また、ボストン大学との共同研究で、利用者がリズム音楽とともにディスプレイ内でキャラクターをボタンでジャンプさせるパーキンソン病診断システムのゲームを開発した。このシステムにより、利用者はこのリズム音楽とボタン運動を調和(Harmonize)しながらゲームを楽しみ、一方で、利用者の行動パターンからパーキンソン病の重症度を推定することができる。本システムを学生に対して被験者としてプレ実験を行い、システムの有用性を議論した。
- (2) サーモグラフィによる健康指標の見える化：2年間の研究期間で、ステップ運動時におけるサーモグラフィ画像から、深層学習LSTM(Long Short-Term Memory)とVGG16を用いて様々な生体情報(心拍数、深部体温、体表温度、筋電位)を予測する仕組みを提案した。さらに、予測した生体情報から5つの健康指標(熱中症リ

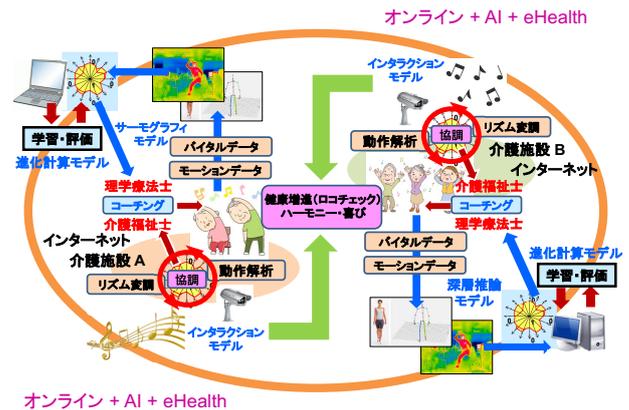


Fig.2: Harmonized Fitness の概要

スク、カロリー消費率、相対運動強度、脂肪消費率、筋肉疲労度)を評価して健康指標をレーダーチャートで見える化する仕組みを検討し、精度面からその有効性について検証した。

- (3) 運動と音楽の相乗効果：2021年度は、VRデバイスを用いて視覚・聴覚・触覚に擬似的な力覚提示を行うことで、クロスモーダル効果による運動の心理的な負荷が軽減し運動に対するモチベーションを維持することが可能となるシステムを開発した。健康者による実験では、被験者の運動能力の向上には寄与しなかったが上昇感の提示を行うことで主観的な疲労感を軽減する効果が見られ、システムの操作性の問題からハーモニー創出の効果は確認できなかったが、グループで役割分担して合奏することがコミュニケーション促進や運動継続へのモチベーション維持に有効であることが示唆された。2022年度は、このVRデバイスを用いて、視覚変化による錯覚を高める改良を行った。大学生に対する実験結果からは、没入傾向には個人差があり提案システムの有効性が被験者により差があることや、提案システムが運動強度を保ちつつ主観的な疲労度のみを減少させることが確認された。また、前年度に開発した運動動作を音に変換してハーモニーを創出するシステムを高齢者が楽しく使用できるように、複数のプレイヤーの動作のズレを補正することで音楽リズムを崩さずにハーモニーを創出できる補正技術を開発した。

(4) 身体運動の差異の分析技術：2021 年度は、(1)RGB-D カメラで撮影した身体運動の動画像から各身体部位の空間位置を多次元時系列として記録するモジュールを開発し、(2) 統計的機械学習の技術を応用して、身体運動の多次元時系列を少数のパラメータで動的システムとして記述する潜在状態空間モデルを作成するモジュールを開発した。2022 年度は、統計的機械学習モデル GPDM を用いて、身体運動を記録した高次元時系列を低次元の潜在変数のダイナミクスに要約するとともに、潜在変数の系列から身体運動を再構成するモジュールを開発した。さらに、同モジュールを用いて、異なる身体動作データ間に潜む体の使い方の差異を調べて可視化する動作解析技術を開発した。歩行動作と身体能力テスト運動動作に対して開発技術を応用し、運動条件による体の使い方の違いやトレーニングによる変化を効率よく特定できることを確認した。

このように、動画の行動解析とパーキンソン病診断では、診断の基礎モデルとなるアンサンブル型クラスタリングモデル (pdi-Bagging, pdi-Boosting, pdi-BoostingG) を定式化して、その精度と有用性を検討した。また、パーキンソン病診断システムのゲームを開発した。サーモグラフィによる健康指標の見える化では、深層学習 LSTM と VGG16 を用いて、ステップ運動時におけるサーモグラフィ画像から生体情報を予測し、その生体情報から健康指標を推定する仕組みを検討した。運動と音楽の相乗効果では、VR デバイスを用いて、運動の心理的負荷を軽減して運動のモチベーションを維持するシステムを開発した。また、この VR デバイスを用いて、視覚変化による錯覚を高める改良を行った。身体運動の差異の分析技術では、RGB-D カメラの動画像から各身体部位の空間位置を記録し記述する潜在状態空間モデルを開発した。また、GPDM を用いて、身体部位の高次元時系列を低次元の潜在変数に要約し、異なる身体動作データ間の差異を可視化することが可能となった。

これらの基礎技術を組み合わせることにより、今後、実際の介護施設において、利用者が VR デバイスを用いて音楽に合わせた運動を促進し、サーモグラフィによって健康指標の見える化が可能となる。また、LSTM と VGG16 による生体情報推定化や GPDM による身体部位の低次元可視化によって利用者間の差異を可視化できる。同時に、pdi-Bagging や pdi-Boosting によって、音楽とゲームを楽

しみながらパーキンソン病の診断が可能となる。このように、本研究は、利用者が音楽と運動の相乗効果を感じ、他者とのハーモニーを「楽しく」体感できる「Harmonized Fitness」の基礎的研究といえる。

### 3. おわりに

ここでは、「健康スマートネットワーク」の構想内容を概説し、関西大学研究拠点形成支援経費の 2 年間の研究期間の成果を報告して、今後の研究の進展に向けて、健康づくりのスマート化をテーマとした種々の研究を紹介した。

### 謝辞

本研究の一部は、関西大学研究拠点形成支援経費「Harmonized Fitness：音楽運動のアンサンブルによる健康づくりのスマート化」（2021 年～2022 年）、及び、2022 年度関西大学招へい研究者研究費の助成を得た。

### 参考文献

- [1] 内閣府国会戦略特区：スーパーシティ構想, <https://www.chisou.go.jp/tiiki/kokusentoc/supercity/openlabo/supercitycontents.html>, 2023 年 7 月 1 日現在 (2023)
- [2] 関西大学ソシオネットワーク戦略研究機構：健康スマートネットワーク, <https://www.kansai-u.ac.jp/riss/researchers/>, 2023 年 7 月 1 日現在 (2023)
- [3] 林, 広兼, 堀口, 徳丸, Yazdanbakhsh: Harmonized Fitness: 音楽運動のアンサンブルによる健康づくりのスマート化, 第 37 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.42-43 (2021)
- [4] 林, 広兼, 堀口, 徳丸, Yazdanbakhsh: Harmonized Fitness: 音楽運動のアンサンブルによる健康づくりのスマート化における研究紹介, 第 38 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.634-635 (2022)

### [連絡先]

林 勲 関西大学大学院 総合情報学研究科  
〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1  
tel. 072-690-2448  
fax. 072-690-2491  
e.mail ihaya@kansai-u.ac.jp